

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU  
VÝROBY KOMPONENTY DALEKOHLEDU**

**PROPOSAL OF TECHNOLOGICAL  
MANUFACTURING PROCESS  
OF COMPONENT FOR RIFLESCOPE**

Student:

Pavla Vránová

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2014

## Zadání bakalářské práce

Student: **Pavla Vránová**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh technologického postupu výroby komponenty dalekohledu**  
**Proposal of Technological Manufacturing Process of Component for**  
**Riflescope**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Popis stávající výroby.
3. Návrh technologického postupu výroby.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



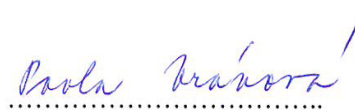
  
Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 19.05.2014



.....

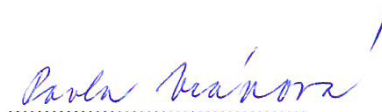
Pavla Vránová



Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.05.2014



Pavla Vránová  
U tenisu 1226/21  
Přerov



# **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Tato diplomová práce se zabývá popisem stávající a nové výrobní technologie komponenty puškového zaměřovacího dalekohledu – tubusu z hliníkové slitiny. Je provedeno zhodnocení původního technologického postupu, rozbor nových variant řešení s cílem nalezení možných úspor a snížení nákladů. Řešení je nalezeno ve změně polotovaru součásti a změně technologického postupu. V teoretické části diplomová práce popisuje proces obrábění - soustružení, frézování, silové poměry a pracovní pohyby při obrábění. V praktické části jsou detailně popsány jednotlivé operace technologického postupu jako je dělení materiálu, operace soustružení, frézování a povrchová úprava. Textová část je doplněna obrázkovými přílohami strojů a nástrojů, technologickými postupy, výkresem obráběné součásti a další potřebnou technickou dokumentací. Na závěr je vypracováno technicko-ekonomické zhodnocení navržených změn.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

This thesis deals with the existing and new production technology description of riflescope component – aluminium alloy tube. Evaluation of the original technological process, analysis of the new solution variants in order to find possible savings, and reduction of costs are performed. The solution is found in the change of semi-product and in the technological process change. In its theoretical part, thesis describes the process of machining – turning, milling, force conditions and the work movements during machining. In the practical part, there are particular operations of technological process described such as cutting of semi-product, the process of turning, milling and surface treatment. The text part of the thesis is accompanied by machineries' and tools' pictorial attachments, technological procedures, drawing of the machined component and other necessary technical documentation. In conclusion, there is an technical and economic evaluation of proposed changes.





# Obsah

Seznam použitého značení .....	11
Úvod.....	13
Historie a současnost firmy.....	15
1 Třískové obrábění .....	17
1.1 Soustružení.....	18
1.2 Frézování .....	22
2 Charakteristika komponenty dalekohledu .....	27
2.1 Popis součásti.....	27
2.2 Materiál součásti .....	28
3 Původní technologický postup.....	31
3.1 Popis.....	31
3.2 Řezání .....	32
3.3 Soustružení.....	33
3.4 Frézování .....	38
3.5 Ruční úprava .....	46
3.6 Povrchová úprava .....	46
4 Rozbory a návrhy řešení .....	49
4.1 Zhodnocení stávajícího stavu.....	49
4.2 Rozbor možných variant řešení .....	49
4.2.1 Varianta 1.....	49
4.2.2 Varianta 2.....	50
4.2.3 Varianta 3.....	50
4.2.4 Návrh nového řešení .....	50
5 Nový technologický postup - změny .....	51
5.1 Změna polotovaru .....	51
5.2 Řezání .....	51
5.3 Soustružení.....	51
6 Řezné podmínky, nástroj, stroj - řezání .....	53
6.1 Řezné podmínky .....	53
6.2 Nástroj.....	53
6.3 Stroj.....	53
7 Řezné podmínky, nástroje, stroje - soustružení .....	55
7.1 Řezné podmínky .....	55
7.2 Nástroje.....	56

7.3 Stroje .....	56
8 Řezné podmínky, nástroje, stroje - frézování .....	59
8.1 Řezné podmínky .....	59
8.2 Nástroje .....	60
8.3 Stroj.....	60
9 Technicko-ekonomické zhodnocení .....	63
10 Závěr .....	65
Seznam použité literatury a informačních zdrojů .....	67
Seznam příloh .....	69
Poděkování	

# Seznam použitého značení

značení	význam	jednotka
$C_{Fc}$	konstanta vlivu obráběného materiálu	/
CNC	číslicové řízení počítačem (Computer Numeric Control)	/
$F_C$	řezná složka síly obrábění	N
$F_{ci}$	řezná složka	N
$F_{cNi}$	kolmá řezná složka síly řezání	N
$F_f$	posuvová složka síly obrábění	N
$F_{fi}$	posuvová složka síly řezání	N
$F_p$	pasivní složka síly obrábění	N
HB	tvrdost podle Brinella	/
NC	číslicové řízení (Numerical Control)	/
OTK	oddělení technické kontroly	/
PKD	polykrystalický diamant	/
RO	rychlořezná ocel	/
SK	slinutý karbid	/
VBD	vyměnitelná břitová destička	/
$a_p$	tloušťka obráběné vrstvy	mm
$f$	posuv na otáčku	mm
$f_z$	posuv za zub	mm
$k_{ci}$	měrná síla řezání	MPa
$k_s$	kus	/
$n$	počet otáček vřetene	$\text{min}^{-1}$
$pr$	průměr	mm
$t_{as}$	jednotkový strojní čas	min
$t_{asn}$	jednotkový strojní čas obrábění při konst. otáčkách obrobku	min
$t_{asv}$	jednotkový strojní čas obrábění při konst. řezné rychlosti	min
$v_c$	řezná rychlost	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
$v_f$	rychlost posuvu	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
$x$	exponent vlivu tloušťky třísky	/
$z$	počet zubů frézy	/
$\gamma$	úhel čela	°
$\lambda$	úhel sklonu ostří	°



# Úvod

Průmyslová výroba má v české republice hluboké historické kořeny. České země tvořily její pevnou základnu již za období Rakousko-Uherska a po vzniku samostatné ČSR se řadila tehdejší Československá republika mezi průmyslově nejrozvinutější státy světa. K tradičním průmyslovým odvětvím patřil a stále patří strojírenský průmysl.

Strojírenství je technický obor, který je postaven na základech fyziky a nauky o materiálech, zabývá se návrhem, výrobou a údržbou strojů a zařízení. Je to jedna z nejstarších a nejobsáhlejších technických disciplín.

Strojírenství se rozděluje se na těžké, střední, lehké, přesné a investiční. Přesné strojírenství zastupují výrobky jemné mechaniky, optiky, výroba měřících přístrojů a speciální zařízení pro zdravotnické i jiné účely a náročnou elektroniku. Mezi produkty patří digitální a telekomunikační přístroje, hodinky, fotoaparáty, dalekohledy, přesná optika, laserové technologie.

Na světových trzích rostou tlaky na snižování výrobních nákladů a cen výrobků v důsledku silícího konkurenčního boje. Pro výrobní podniky to znamená, že musí trvale zdokonalovat a optimalizovat výrobní procesy a technologie, logistiku, organizaci výroby, řízení podniku a vyvíjet nové výrobky s cílem zvyšování kvality výrobků při současném snižování výrobních nákladů. Toto musí uskutečňovat za současného efektivního využívání energií a zdrojů s přihlédnutím na ekologické aspekty.

Všechny tyto trendy se snaží uplatnit rovněž Meopta - optika, s.r.o. Přerov, podnik s letitou tradicí působící v oblasti přesného strojírenství - v oblasti výroby přesných opticko-mechanických výrobků. Firma se intenzivně snaží také optimalizovat výrobní procesy a technologie s cílem nalezení možných úspor a snížení výrobních nákladů. Jmenovanou oblastí se zabývá tato diplomová práce.

## Cíle práce

Cílem této práce je popis stávající výrobní technologie komponenty dalekohledu, tubusu z hliníkové slitiny, rozbor nových variant řešení, jejichž úkolem je nalezení možných úspor a snížení nákladů. Očekávané řešení je ve změně polotovaru součásti a změně technologického postupu.

Nový technologický postup je navržen na základě těchto kroků:

- popis stávajícího technologického postupu
- zhodnocení stávajícího stavu, rozbor možných variant řešení, návrh nového řešení
- popis nového řešení - nový polotovar a změny v technologickém postupu
- ověření nového řešení v praxi
- technicko - ekonomické zhodnocení

# Historie a současnost firmy

Meopta - optika, s.r.o. Přerov byla založena roku 1933 pod původním jménem Optikotechna. Prvotním výrobním sortimentem byla výroba optických elementů a sestav. Tato byla postupem času rozšířena o promítací přístroje a fotografické přístroje Flexaret. Pro armádní účely byla v roce 1936 započata tradice výroby binokulárních dalekohledů, kterou následovala řada dalších speciálních opticko-mechanických přístrojů pro pozemní vojsko, dělostřelectvo, letectvo i námořnictvo. Z důvodu nárůstu výroby byly v této době také vystavěny nové výrobní prostory.

Po ukončení 2.světové války byla firma přejmenována na Meopta. Důležitým odběratelem a zákazníkem té doby byly armády Varšavského paktu. Současně byla navrhována a vyvíjena řada nových výrobků, jež se zasadila o dobré jméno firmy po celém světě.

V roce 1990 dochází k útlumu vojenské výroby a poklesu výroby civilní. V následujících letech si musela Meopta obhajovat své místo na světových trzích při získávání nových zákazníků. V současnosti se firma prezentuje jako světově uznávaný výrobce opticko-mechanických přístrojů, přesných optických celků a to v celém spektru odvětví od zdravotnických přístrojů, vědeckých přístrojů až po digitální projekci, průzkum vesmíru a armádní zbraňové systémy. Stálíci pak zůstává nepřetržitý vývoj a výroba kvalitní sportovní optiky kam se řadí široká nabídka binokulárních dalekohledů, spektivů a puškových zaměřovacích dalekohledů.

Firma se snaží o neustálý rozvoj výrobních možností a to rozšiřováním technologicky nejmodernějších zařízení, novými metodami řízení a růstem kvalifikace jednotlivých pracovníků. Mechanická výroba je soustředěna na ploše asi 7100 m<sup>2</sup> a je zde k dispozici několik desítek zařízení pro klasické a nejmodernějších CNC technologie obrábění. Také se nabízí nezanedbatelná řada možností provádění různých druhů povrchových a tepelných úprav.



*Obrázek 1 [18]*





# 1 Třískové obrábění

Třískové obrábění spočívá v odebírání materiálu z polotovaru ve formě třísky. Tento proces je realizován břitem řezného nástroje, který je vtlačován do materiálu a je charakterizován určitou silou, rychlostí, hloubkou řezu a posuvem po stanovené dráze.

Při obrábění technických kovů (materiálů) vzniká tříska tvářená. Vznik napětí v materiálu je důsledkem jeho odporu proti vnikání nástroje do polotovaru. Překročí-li tečné napětí kritické hodnoty, materiál je před ostřím nástroje plasticky deformován, dochází ke kluzovému posunu určitého objemu materiálu a tento se odděluje ve formě třísky. Tvar třísky závisí hlavně na druhu obráběného materiálu, na geometrii nástroje, řezných podmínkách a materiálu nástroje. Plynulá tříska může způsobovat namotávání se na nástroj a poškození již obrobeného povrchu. Materiál v odřezávané vrstvě se plastickou deformací zpevňuje, zvyšuje se tedy pevnost a tvrdost samotné třísky. Pro příznivější podmínky pro odvádění třísky se používají nástroje s utvařecí třískou na čele břitů. Mohou být ve formě žlábků, stupínků nebo stavitelných příložek. Jejich smyslem je zmenšit poloměr zavinutí třísky a dělit třísku na kratších úsecích. Pro snadné odvádění je žádoucí tříska drobivá, obzvláště při vrtání nebo obrábění na automatech.

Mezi odcházející třískou a čelem břitů nástroje vzniká tření v důsledku čehož může docházet k adhezi plasticky deformované vrstvy materiálu třísky a materiálu břitů. Po odchodu třísky mohou její mikročástice zůstat navařeny na nástroji, tato vrstva se pak nazývá nárůstek. Vznik nárůstku je ovlivňován velikostí tření mezi třískou a čelem břitů, stupněm zpevnění materiálu třísky a teplotou. Nárůstek může zpočátku chránit ostří nástroje před opotřebením, při jeho periodickém odtrhávání se však může uvolňovat i část materiálu nástroje a opotřebení nástroje se zvětšuje. Uvolněné částice mohou ulpívat na již obrobeném povrchu součásti.

Podle charakteru oddělování třísky, který je závislý na geometrii nástroje, dělíme třískové obrábění na řezání a broušení. Při řezání je jednoznačně definovaný tvar nástroje, na rozdíl od broušení, kde jednotlivé břity – brusná zrna s přesně neurčitelnou geometrií jsou rozmístěna neuspořádaně.

Volba konkrétní metody obrábění závisí v první řadě na tvaru a velikosti obráběné plochy, na předepsané tvarové a rozměrové přesnosti, drsnosti povrchu, druhu a kvalitě

obráběného materiálu. Nezanedbatelným faktorem jsou pak možnosti strojního parku výrobního závodu, hospodárnost, variabilita a využitelnost jednotlivých strojů.

Z hlediska kinematiky se rozdělují výrobní metody na třískové obrábění rotačních ploch vnitřních a vnějších, rovinných ploch a obecných ploch.

## 1.1 Soustružení

### Podstata soustružení

Soustružení jako klasická metoda třískového obrábění slouží především k výrobě rotačních součástí. Zároveň ho lze použít při výrobě vnitřních a vnějších závitů, vnitřních otvorů v ose obrobku, zápichů, upichování, obrábění rotačních tvarových ploch a rovinných ploch při čelním obrábění. Hlavní rotační řezný pohyb vykonává obrobek, vedlejší posuvový pohyb koná nástroj. Posouvá-li se nůž ve směru osy rotace obrobku, hovoří se o podélném soustružení a pomyslný bod na ostří nástroje opisuje šroubovici. Při pohybu nože kolmém k ose rotace obrobku jde o příčné soustružení a pomyslný bod ostří nástroje se pohybuje po Archimedově spirále. Tvarové rotační plochy se soustruží buď tvarovými noži, tzn. způsobem integrálním, nebo za použití speciálních radiálních nožů, tzn. způsobem diferenčním.

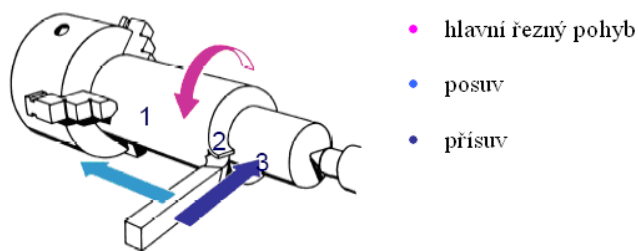
### Řezné podmínky

Řezná rychlost při soustružení je rychlost hlavního řezného pohybu. Pohybuje se v závislosti na druhu materiálu obrobku a nástroje v rozsahu od 5 do 1000 m.min<sup>-1</sup>.

$$\text{—} \quad (1.1)$$

D - průměr obráběné plochy

n - počet otáček vřetene



Obrázek 2 Řezné pohyby a základní plochy obrobku [13]

1 – obráběná plocha, 2 – řezná plocha, 3 – obrobená plocha

Dráha kterou vykoná nástroj za jednu otáčku obrobku se nazývá posuv, značíme ho  $f$ . Podle toho, zda se jedná o hrubovací nebo dokončovací operaci se odvíjí i velikost posuvu. Pro hrubovací operace se jedná o interval 0,4 - 3,5 mm, u jemného soustružení 0,03 - 0,05mm.

(1.2)

$f$  - posuv na otáčku

$n$  - počet otáček vřetene

Tloušťka obráběné vrstvy se pohybuje v rozmezí od desetin mm až po několik mm, značíme ji  $a_p$ .

Pro podélné soustružení

(1.3)

$D$  - průměr obráběné plochy

$d$  - průměr obrobené plochy

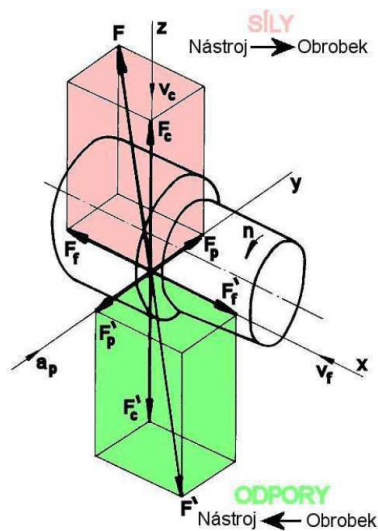
Pro čelní soustružení

(1.4)

$L$  - délka obráběné plochy

$l$  - délka obrobené plochy

Při podélném soustružení se výsledná síla  $F$  vypočítá ze složky řezné síly obrábění  $F_c$ , posuvové síly  $F_f$  a pasivní síly obrábění  $F_p$ .



Obrázek 3 Složky síly řezání (obrábění) a odpory při podélném soustružení [10]

(1.5)

$F_C$  = řezná složka síly obrábění

$F_f$  = posuvová složka síly obrábění

$F_p$  = pasivní složka síly obrábění

### Výpočet strojního času

Výpočet jednotkového strojního času při podélném soustružení válcové plochy

(1.6)

$L_n$  - dráha nástroje

$v_f$  - posuvová složka síly obrábění

$n$  - otáčky obrobku

$f$  - posuv na otáčku

Dráha nástroje ve směru posuvu  $L_n$

(1.7)

$l$  - délka soustružené plochy

$l_n$  - délka náběhu

$l_p$  - délka přeběhu

## Pro čelní soustružení

Výpočet dráhy

$$\text{-----} \quad (1.8)$$

Jednotkový strojní čas obrábění při konstantních otáčkách obrobku  $t_{ASn}$

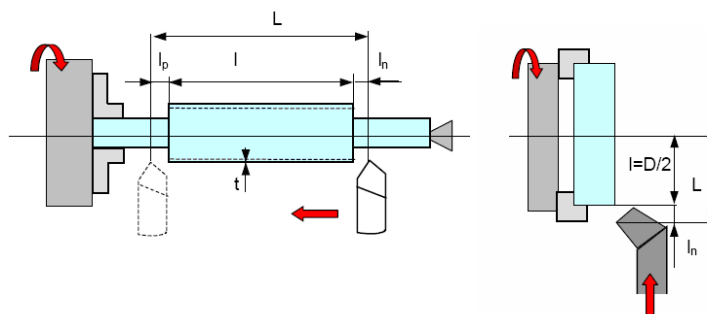
$$\text{---} \quad (1.9)$$

Jednotkový strojní čas obrábění při konstantní řezné rychlosti  $t_{ASv}$

$$\text{-----} \quad (1.10)$$

$V_c$  - řezná rychlost

$f$  - posuv na otáčku



Obrázek 4 Jednotkový strojní čas, a) pro podélné soustružení, b) pro čelní soustružení [14]

## Nástroje

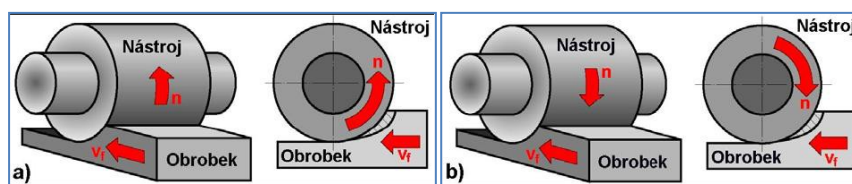
Soustružnické nože jsou obráběcí nástroje, které můžeme dělit podle různých kritérií. Podle polohy ustavení vůči obrobku se dělí na radiální, tangenciální, kotoučové a prizmatické, podle směru posuvu při obrábění na pravé, levé a podle tvaru a polohy hlavního břitu na přímé, ohnuté, stranové a rohové. Rozlišujeme nože pro obrábění vnitřních, vnějších ploch a podle účelu nože ubírací, zapichovací, upichovací, kopírovací, tvarové a závitové. Soustružnické nože mohou být monolitní z nástrojové popř. rychlořezné oceli, nebo s vyměnitelnou břitovou destičkou. Tato může být připájena tvrdou pájkou na těleso nože, nebo připevněna modernějším způsobem, kdy je destička upnuta mechanicky k nožovému držáku pomocí systému ISO. Vyměnitelné břitové destičky

mohou být jednostranné nebo oboustranné. Vhodnými materiály jsou slinuté karbidy, řezná keramika, cermety, kubický nitrid boru a polykrystalický diamant. Pro lepší odvod třísky mohou být povrchy VBD opatřeny předlisovanými utvařecími třísky. Nástroje s VBD mají oproti klasickým monolitním nástrojům výhodu v podobě delší životnosti a výměna opotřebované destičky je rychlejší než výměna celého nástroje. Nevýhodou je potřeba většího prostoru pro mechanické upnutí destičky a vyšší pořizovací náklady.

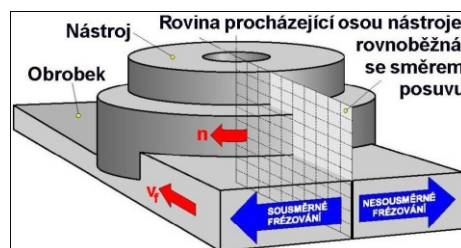
## 1.2 Frézování

### Podstata frézování

Frézování je rozšířená metoda obrábění především pro výrobu rovinných a tvarových ploch. Uplatňuje se také při výrobě rotačních ploch, drážek, závitů a ozubení. Hlavní pohyb je rotační a vykonává ho fréza, vedlejší pohyb - posuv - koná obrobek. U klasických frézek je to obvykle posuv přímočarý, u moderních víceosých center se může konat posuv ve více směrech zároveň. Fréza je vícebřitý nástroj a frézování je proces charakterizovaný přerušovaným řezem. Dochází k značnému mechanickému dynamickému zatížení břitu a ke kolísání jeho tepelného zatížení. Podle polohy osy nástroje k obráběné ploše rozlišujeme frézování na válcové a čelní, k dalším odvozeným způsobům frézování patří okružní a planetové. Při válcovém frézování je osa frézy rovnoběžná s obráběnou plochou a hloubka řezu se nastavuje v rovině kolmé na osu frézky a směr posuvu. Při čelním frézování je osa frézy kolmá na obráběnou plochu a hloubka řezu se nastavuje ve směru osy nástroje.

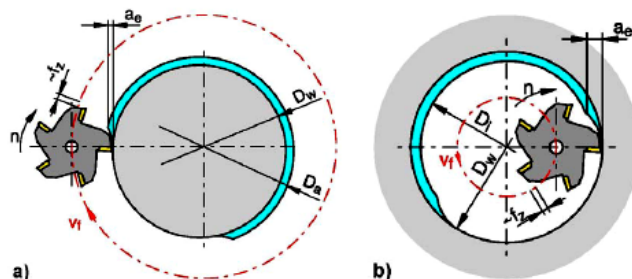


Obrázek 5 Válcové frézování, a) nesousledné, b) sousledné [10]



Obrázek 6 Čelní frézování [10]

Okružním frézováním lze obrábět vnější i vnitřní válcové plochy obrobku rotačního tvaru. Tento způsob frézování se uplatňuje u obráběcích center vybavených kruhovou interpolací dráhy nástroje a u číslicově řízených frézek. Obrábí se části nebo i celé rotační plochy, protože u těchto strojů může být řízen pohyb frézy po kružnici.



Obrázek 7 Planetové frézování, a) vnější, b) vnitřní [10]

Směr pohybu obrobku vzhledem k nástroji rozlišuje frézování na sousledné a nesousledné. Při frézování sousledném, také nazývaném sousměrné, je směr posuvu obrobku shodný s e směrem rotace frézy v místě záběru. V místě vniknutí ostří nástroje do materiálu je tloušťka třísky největší, pak se zmenšuje a na konci záběru je její velikost nulová.

Při nesousledném frézování, také nazývaném nesousměrné, je záběr ostří proti směru posuvu obrobku v místě záběru. Břit začíná odebírat materiál od minimální tloušťky, která postupně roste směrem ke konci záběru. Zpočátku je materiál pouze stlačován a tím se ale zhoršuje kvalita obrobené plochy a zvětšuje velikost opotřebení nástroje. Projevují se zde velké řezné síly, které odtlačují frézu od obrobku a zároveň se snaží zvednout obrobek ze stolu. Je potřeba soustředit větší pozornost na upnutí obrobku, tzn. na vhodný upínací přípravek.

Frézování sousledné má mnoho předností oproti frézování nesouslednému. Výsledná řezná síla vtahuje nástroj do řezu a současně přitlačuje obrobek na stůl, to umožňuje zmenšení upínacích sil. Při nezměněné trvanlivosti nástroje je možné využít větších posuvů na zub. Nevýhodou tohoto způsobu frézování je nutnost vymezení axiální vůle v posuvových mechanismech, jinak dojde ke zvětšení tloušťky třísky a následně k možnosti zlomení břitu.

## Nástroje

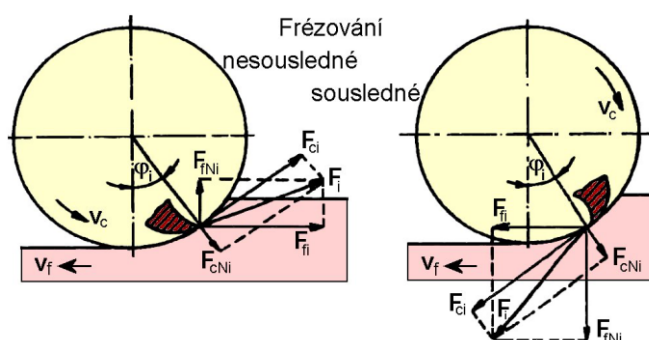
Podle způsobu upnutí fréz ve stroji dělíme frézy na stopkové, upínané do stroje za válcovou nebo kuželovou stopku, nebo nástrčné. Zuby fréz mohou být přímé a šikmé, podle počtu zubů se dělí na jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé.

Z konstrukčního hlediska se vyrábí frézy monolitní a frézy s mechanicky upevněnými, vyměnitelnými břitovými destičkami.

Důležitou roli hraje správná volba nástrojového materiálu. Ideální řezný materiál by měl mít dostatečnou tvrdost, která zajistí odolnost proti opotřebení a plastické deformaci břitu, vysokou houževnatost aby nedocházelo ke křehkému porušení břitu. Zároveň by měl být chemicky neutrální, stabilní a odolný proti teplotnímu rázu. Nástroje jsou vyráběny z nástrojových ocelí, rychlořezných ocelí, slinutých karbidů, řezné keramiky, kubického nitridu boru a diamantu. V současnosti je 80-90% používaných břitových destiček ze slinutých karbidů, které mohou být povlakované. Při obrábění je také důležitá znalost silových poměrů ke stanovení tuhosti konstrukce obráběcího stroje, pevnosti upínání nástroje a obrobku a stanovení vhodných řezných podmínek.

## Řezné síly

Určování řezných sil při frézování je složitější než u jiných metod třískového obrábění. V závislosti na změně průřezu třísky se mění i velikost řezných sil. Vychází se ze silových poměrů na jednom břitu, který je určen úhlem  $\varphi_1$ . Celková řezná síla působící na břit se rozkládá na složky  $F_{ci}$ ,  $F_{cNi}$  respektive na složky  $F_{fi}$  a  $F_{fNi}$ .



Obrázek 8 Rozklad síly řezání na zubu válcové frézy v pracovní rovině Pfe [10]

$F_i$  - celková síla řezání [N]

$F_{ci}$  - řezná složka [N]

$F_{cNi}$  - kolmá řezná složka síly řezání [N]



- $F_{fi}$  - posuvová složka síly řezání [N]  
 $F_{fNi}$  - kolmá posuvová složka síly řezání [N]  
 $C_{Fc}$  - konstanta vlivu obráběného materiálu [ -]  
 $x$  - exponent vlivu tloušťky třísky [ -]  
 $a_p$  - hloubka řezu [mm]  
 $f_z$  - posuv za zub [mm]

(1.11)

Měrná síla řezání  $k_{ci}$

$$\frac{F_{fi}}{a_p \cdot f_z} = k_{ci}$$

(1.12)

(1.13)

### Výpočet strojního času

Jednotkový strojní čas při frézování

$$t_{ci} = \frac{L}{v_f}$$

(1.14)

$L$  - dráha nástroje ve směru posuvového pohybu

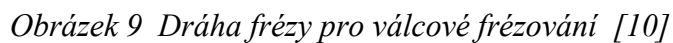
$v_f$  - posuvová rychlost

Výpočet hodnoty  $L$  pro válcové frézování

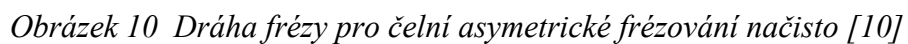
(1.15)

$$L = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \cdot \frac{1}{n}$$

(1.16)



(1.17)

 $l_{nf}$ - dráha nájezdu nástroje ve směru posuvového pohybu [mm]

## 2 Charakteristika komponenty dalekohledu

### 2.1 Popis součástí

Komponenta puškového zaměřovacího dalekohledu - tubus - je součástí finálního přístroje Meostar R1r 3-12x56 RD/MR který patří k oblíbeným typům z široké škály nabízených sportovních puškohledů. Je to univerzální přístroj pro jakékoli aktivity i pro lov za šera. Díky vysoké světelnosti, která je způsobena několikanásobnou antireflexní vrstvou na optických členech, je možnost ho používat od svítání až do setmění. Všechny jeho optické členy jsou na povrchu chráněny speciální vrstvou MeoShield, která má za úkol zamezit poškrábání a oděru v extrémních podmínkách.

Výhodou tohoto typu je také osvětlení záměrného obrazce, kde je možné volit minimálně ze sedmi stupňů intenzity a ovládaného pomocí ručního ovládacího točítka. Přesné nastavení přístroje se provádí pomocí točitek rektifikace, která jsou ovládána prsty. Přesné krokové nastavení v polních podmínkách zajišťuje systém hmatatelných slyšitelných záskoků.

Systém rychloostření umožňuje rychlé zaostření a široký rozsah pro přizpůsobení se lidskému oku.

Konstrukce přístroje je vyvinuta pro maximální odolnost proti rázům. Tělo přístroje tvoří jednoduchý tubus z lehké hliníkové slitiny, který je předmětem této bakalářské práce. Materiál je charakteristický svou pevností, odolností a dlouhou životností. Povrch tubusu je opatřen eloxem (anodickou oxidací) - povrchovou úpravou odolnou proti otěru a pro vyloučení světelných odlesků na jeho povrchu. Upínací podélná lišta "Meopta Rail" ve spodní části tubusu, vyskytující se jen u řady přístrojů označených RD/MR, umožňuje rychlou a přesnou montáž na zbraň a je kompatibilní se všemi lištami typu Zeiss. Pravá strana tubusu (orientace dle výkresu) je konstruována pro montáž okuláru přístroje, levá strana slouží pro montáž objektivu.

Po zasazení a smontování optických a mechanických komponentů do tubusu a justáži je po dokončení na montáži zajištěna konečná 100% vodotěsnost přístroje, také jsou provedena opatření proti vnitřnímu rosení. Tímto jsou vnitřní části přístroje chráněny proti vlhkosti, dešti a sněhu.



*Obrázek 11 Tubus [18]*

## **2.2 Materiál součásti**

Hliníková slitina EN –AW 6082 T651

### **Charakteristické vlastnosti:**

Tato hliníková slitina se vyznačuje dobrou odolností proti korozi, dobrou eloxovatelností, velmi dobrou svařitelností a tepelnou vodivostí. Dá se středně obrábět, leštit. Odolnost proti korozi je možno eventuálně zlepšit anodickou oxidací výrobků.

### **Použití:**

Konstrukční a dekorační materiál na středně namáhané konstrukce. Součásti se střední pevností, dlouhodobě pracující při teplotách +50°C až -70°C, výrobky tvarově složité, tenkostěnné, duté, nýtované konstrukce. Použití na letadla, vozidla, pro jemnou mechaniku, ve stavebnictví, v architektuře.

EN	ČSN	chemické složení	stav
EN-AW 6082	ČSN 42 4400	AlSi1MgMn	T 651

*Tabulka 1 Ekvivalentní normy slitiny EN –AW 6082*

### Chemické složení slitiny:

Chemické složení slitiny										
Prvek obsah [%]	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Ostatní	Al
min	0,70			0,40	0,70					zbyt.
max	1,40	0,50	0,10	1,00	1,20	0,25	0,20	0,05		

*Tabulka 2 Obsah prvků ve slitině*

### Mechanické vlastnosti:

Mřížka	K2
Parametr mřížky [nm]	0,404958
Hustota [g.mm <sup>-3</sup> ]	2,7
Teplota tavení [°C]	650
Tepelná vodivost [W.m <sup>-1</sup> ]	247
Součinitel délkové roztažnosti [10 <sup>-6</sup> .K <sup>1</sup> ]	23,4
Modul pružnosti v tahu E [MPa]	70 000
Modul ve smyku G [MPa]	26 400
Mez kluzu R <sub>p0,2</sub> [MPa]	260
Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa]	310
Tažnost A [%]	10
Tvrdost HB	90

### Obrobitelnost hliníkových slitin

Obecně jsou hliníkové slitiny řazeny do skupiny snadno obrobitelných materiálů.

Hlavní problémy při obrábění hliníkových slitin jsou:

vysoká tepelná vodivost a velká tepelná roztažnost materiálu, obsah legujících prvků ve slitině, při nižších řezných rychlostech nebo špatně zvoleném materiálu nástroje vzniká nárůstek na břitu nástroje, problematické je obrábění nasucho.



## 3 Původní technologický postup

### 3.1 Popis

V praktické části práce je popsána výroba součásti dalekohledu - tubusu - ze slitiny hliníku. Sled výrobních činností je popsán v technologickém postupu součásti, který se dělí na jednotlivé operace, úseky. Technologický postup obsahuje informace, zásady a pravidla pro racionální výrobu součásti. Činnosti technologické, manipulační, kontrolní, dále činnosti organizačního a ekonomického charakteru jsou v technologickém postupu uspořádány dle skutečné časové posloupnosti. Důležitou roli na míru podrobnosti rozčlenění postupu má sériovost, složitost výroby, stupeň mechanizace a automatizace výroby. Vypracování sofistikovaného technologického postupu je základem pro dosažení nejoptimálnější technické a ekonomické stránky výrobního procesu. Zpracování technologického postupu výroby součásti je prováděno pomocí podnikového informačního systému Microsoft Axapta. Výchozím zdrojem informací při tvorbě technologického postupu je výrobní výkres součásti - tubusu, viz příloha A.

Technolog-programátor uvede v technologickém postupu rozměry ploch, obráběných ve výrobní operaci, přímo v textu „popis operace“. Součástí výrobní operace je číslo řídicího NC programu. Evidenci, archivaci a aktualizaci programu řídí technolog programátor v přímé spolupráci se seřizovači NC strojů.

V následujícím oddíle jsou rozebrány jednotlivé výrobní operace, podle kterých je součást vyráběna.

Prvním krokem je zpracování rámcového technologického postupu.

Dle výkresové dokumentace je zřejmé, že se obrábí tvarová, rotační součást s průchozí dírou v ose součásti, kombinovaná s podélným nerotačním prvkem s neprůchozí rybinovou drážkou v jeho ose. Na vnějším obvodu součásti je vyfrézována příčná průchozí drážka šířky 4,2 mm.

Základní rotační tvar součásti je dosažen soustružením, dokončení tvaru součásti včetně středové kostky, podélné a příčné drážky je dokončeno frézováním. V operaci frézování jsou vyhotoveny průchozí otvory a závity na středové kostce a okulárové části tubusu.

Předepsaná povrchová úprava povrchu součásti je docílena chemickou cestou (anodickou oxidací).

### Rámcový technologický postup

RÁMCOVÝ TECHNOLOGICKÝ POSTUP	
1. řezání	automatická pila Profilma 600 R
2. soustružení	
a) soustružení	CNC soustružnické centrum Hyundai KIA SKT 28
b) soustružení	CNC soustružnické centrum Hyundai HIT18S
3. frézování	
a) frézování	CNC vertikální obráběcí centrum Chiron FZ 12 S
b) frézování	frézka Deckel PP1
4. ruční úprava	pracoviště ručních úprav
5. povrchová úprava	pracoviště povrchových úprav

Dalším krokem je zpracování detailního technologického postupu.

## 3.2 Řezání

Výrobní postup P-044325 – viz Příloha D.

### Operace 10

Při určení velikosti polotovaru se vychází z výkresu součásti. S přihlédnutím na co nejmenší množství odpadového materiálu byl vybrán polotovar - trubka, materiál hliníková slitina EN-AW 6082 T6/AlSi1MgMn. S přihlédnutím na přídavky pro obrábění byla zvolena trubka pr. 69x22 délky 275mm.

Polotovar trubka pr. 69x22mm je dělen na automatické pile Profilma 600 R, pilovým kotoučem. Předností je vysoká produktivita a vysoká kvalita povrchu obrobené plochy. Řezný i posuvný pohyb vykonává pilový kotouč. Dodaný materiál v délce 3m je řezán na délku 275 mm, z jednoho kusu dodané tyče se nařeže 10 přířezů. Nařezané díly jsou skládány do přepravních beden.



Průměr pilového kotouče se volí podle rozměrů děleného profilu a doporučení výrobce. Geometrie zubů kotouče se určuje podle druhu, pevnosti a tvrdosti obráběného materiálu, tvaru řezaného polotovaru a doporučení výrobce.

### 3.3 Soustružení

Soustružení je prováděno v operaci 15 a 40 na stroji Hyundai KIA SKT 28, v operaci 50 na stroji Hyundai HIT18S.

Nástroje jsou upnuty v nožové hlavě a jejich výměna během procesu obrábění probíhá automaticky dle NC programu. Seřízení stroje je prováděno před danou operací a je to činnost, která připraví stroj pro příslušnou operaci, včetně výměny nástrojů, upínání a nahrátí programu do řídicího systému stroje. Proces seřízení končí v okamžiku, kdy je zhotoven zkušební shodný kus, proměřen a odsouhlasen oddělením technické kontroly.

NC program lze vytvářet přímo na obráběcím stroji nebo jej lze vygenerovat a importovat do řídicího počítače z CAD/CAM pracoviště. Je to soubor geometrických a technologických informací, které zpracuje řídicí systém obráběcího stroje.

Soustružením se v následujících operacích obrobí vnitřní a vnější rotační plochy, tvarové rotační plochy, jsou vysoustruženy zápichy, vnitřní a vnější závit, sražený hrany.

#### Operace 15

NC Program č. 0220.

##### Úsek 1

Polotovar – přířez trubka pr 69x22 a délky 275mm, materiál EN-AW 6082 T6/AlSi1MgMn je upnut do stroje mezi hroty. Po spuštění programu stroje je zahájeno obrábění. Je použit stranový vnější nůž č.1 SCLCR2525 M12 s VBD CCMT120404-MW NX2525.

Soustružením na úseku délky  $l=120^{+1}$  od čela je vnější pr. 69mm přetočen, hrubován na pr.  $66^{-0,1}$  mm.

Tato operace se provádí z důvodu sesouhlasení osy vnějšího průměru vůči otvoru. Po ukončení programu je obrobek ručně odepnut.



## Úsek 2

Hrubování vnitřního tvaru, vyjetí úkosu 25°, je použit vnitřní rohový pravý nůž č.6 S20R SCLCR09 s VBD CCMT09T304 NX2525.

## Úsek 3

Obrábění vnitřního tvaru na čisto, na hotovo, je použit vnitřní rohový pravý nůž č.8 A20R-SVUCR-11 s VBD VCGT110302-LHC.

## Úsek 4

Soustružení vnitřního závitu M35x0,5-6H, je použit vnitřní závitový nůž č.9 SIR1820 P16D s VBD TN 16 NR050M T8030.

## Úsek 5

Odjehlení hran, přejetí na čisto průměru vnitřního závitu, je použit vnitřní rohový pravý nůž č.8 A20R-SVUCR-11 s VBD VCGT110302-LHC.

## Úsek 6

Přejetí vnitřního závitu na čisto, je použit vnitřní závitový nůž č.9 SIR1820 P16D s VBD TN 16 NR050M T8030.

## Úsek 7

Dokončení vnějšího tvaru na čisto, je použit vnější stranový nůž na čisto č.3 SVXCR2525M16-M s VBD VCGT160402-LHC.

## Úsek 8

Vnější závit M38x 0,35-6g průběžný, je použit vnější závitový nůž č.4 SER 2525 M16 s VBD 16ER0.35 ISO IC908.

## Úsek 9

Odjehlení hran, přejetí na čisto vnějšího průměru na obvodu/okraji závitu, je použit vnější stranový nůž na čisto č.3 SVXCR2525 M16-M s VBD VCGT160402-LHC.

### Úsek 10

Přejetí vnějšího průběžného závitu M38x 0,35-6g, pečlivé pročištění, je použit vnější závitový nůž č.4 SER 2525 M16 s VBD 16ER0,35 ISO IC908.

### Úsek 11

Vnější zápich 1,8mm na pr. 35,7mm, je použit vnější zápichový nůž č.5 SMGHR 2525 M16 s VBD SMGTR16X208C NX2525

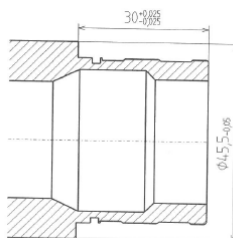
### Úsek 12

Dokončení vnitřního průměru na hotovo, pr. 27 H8, pr. 27,9+/-0,1mm č.7 E20S-SVUCR-11 s VBD VCGT110302-LHC.

Po ukončení programu je obrobek ručně odepnut a začištěn závit M38x0,35-6H a M385x0,35-6g abrazivním rounem.

Obrobek je proměřen obsluhou stroje. Kontrolují se předepsané rozměry, použitá měřidla dle technologického postupu.

Před uložením do krabice se provádí ochrana obrobku navlečením PE hadice Polynet.



*Obrázek 14 Obrobená pravá (okulárová) strana součásti po operaci 40 [18]*

## **Operace 50**

NC Program 0222 – viz Příloha H.

### Úsek 1

Pokračování hrubování vnitřního otvoru – kužele + navazujícího průměru z levé strany součásti (objektivová strana), vnitřní rohový nůž č.6 S20R SCLCR09 s VBD CCMT09T304 NX2525.

## Úsek 2

Hrubování vnějšího tvaru - kužele, je použit vnější stranový nůž č.2 SDJCR2525 M11-M -A s VBD DCGT11 T302.

## Úsek 3

Obrábění vnitřního tvaru na čisto, na hotovo, je použit vnitřní rohový nůž č.8 A20R -SVUCR-11 s VBD VCGT110302-LHC a nůž č. 7 E20S-SVUCR-11 s VBD VCGT110302-LHC.

## Úsek 4

Soustružení vnitřního závitu M60x0,5-4H, je použit vnitřní závitový nůž č.9 SIR1820 P16D s VBD TN 16 NR050M T8030.

## Úsek 5

Odjehlení hran, přejetí na čisto průměru vnitřního závitu, je použit vnitřní rohový nůž č.8 A20R-SVUCR-11 s VBD VCGT110302-LHC.

## Úsek 6

Soustružení vnitřního závitu M60x0,5-4H na čisto, je použit vnitřní závitový nůž č.9 SIR1820 P16D s VBD TN 16 NR050M T8030.

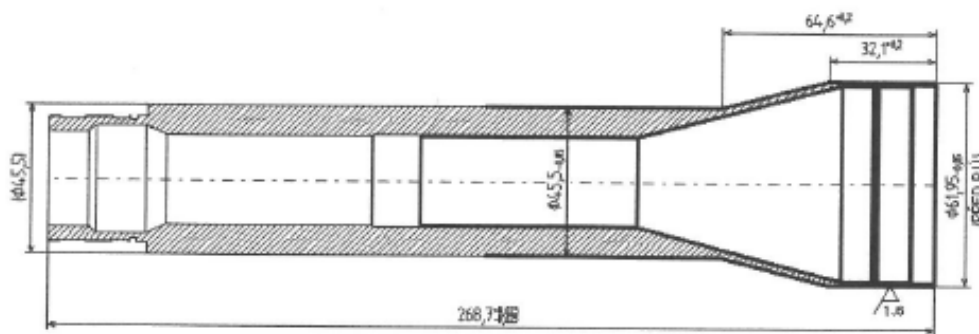
## Úsek 7

Dokončení vnějšího průměru na hotovo, pr. 62mm, plus čela, je použit vnější stranový nůž č.3 SVXCR2525 M16-M s VBD VCGT160402-LHC.

Po ukončení programu je obrobek ručně odepnut a začištěn vnitřní závit M60x0,5-4H abrazivním rounem.

Obrobek je proměřen obsluhou stroje. Kontrolují se předepsané rozměry, použitá měřidla dle technologického postupu.

Před uložením do krabice se provádí ochrana obrobku navlečením PE hadice Polynet.



Obrázek 15 Obrobená součást po operaci 50 [18]

### 3.4 Frézování

Výrobní postup P-157845 - viz Příloha E.

Frézování je prováděno v operaci 70 na obráběcím centru Chiron FZ 12 S a v operaci 90 na Frézce Deckel PP1.

Stroj je seřízen před danou operací a je to činnost, která připraví stroj pro příslušnou operaci, u NC strojů včetně výměny nástrojů, upínání a nahrání programu do řídicího systému stroje. Proces seřízení končí v okamžiku, kdy je zhotoven zkušební shodný kus, proměřen a odsouhlasen oddělením technické kontroly.

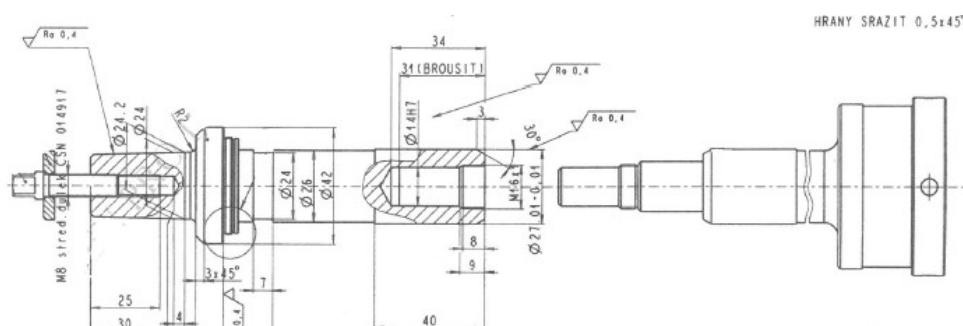
NC program je vytvářen pomocí SW CREO. Výchozími daty jsou model součásti, model přípravku a konstrukční výkres součásti. Vygenerovaný NC program je importován do obráběcího stroje.

Popisovaný tubus je z technologického hlediska komplikovaná součást. Z důvodu tvarové složitosti jsou při obrábění velké úběry materiálu, velký odpad. Tvarové přechody jsou řešeny množstvím zaoblení, tyto jsou vyfrézovány pomocí kulových fréz. Obrábění kulovou frézou patří k časově nejdelším úsekům. Frézováním v této operaci se obrobí vnější plochy rotační, tvarové, rovinné, jsou vyvrtány otvory a jsou vyfrézovány závity a drážky.

#### Operace 70

NC Program 0441– viz Příloha I.

Při procesu frézování jsou frézy s válcovou stopkou upnuté ve svislém vřetení frézky v kleštinovém držáku, čelní válcová fréza v držáku na čelní válcovou frézu, vrtáky ve vrtací hlavici. Výměna nástrojů během procesu obrábění probíhá automaticky dle NC programu. Obrobek je nasazen a zajištěn na vodorovném frézovacím trnu, upnut pomocí šroubu do dělicího přístroje na doraz pro zajištění jednotného upnutí polotovaru a jeho polohy vůči nulovým bodům. Na protější straně je obrobek podepřen hrotem koníku. Dělicí přístroj nám umožňuje pootáčení obrobku o potřebný úhel kolem své osy. Nejmenší úhel pootočení v děličce je 0,001 stupně.



Obrázek 16 Vodorovný frézovací trn [18]

### Úsek 1

Po spuštění programu stroje je zahájeno obrábění. Navržená stopková hrubovací fréza pr. 12mm, nástroj č.1, z tvrdokovu s břitem přes střed, podélně lineárně kopíruje navržený vnější tvar obrobku a odebírá třísku z pr. 45,5mm, postupně po celém obvodu průměru.

### Úsek 2

Stopková hrubovací fréza pr. 12mm, nástroj č.2, znovu podélně lineárně kopíruje navržený vnější tvar obrobku a odebírá třísku při poloviční řezné rychlosti.

### Úsek 3

Pro vytvoření přesnějších přechodů tvarů z rovné části na kulovou plochu na vyhrubovaném úseku je použita stopková fréza pr. 6mm, nástroj č. 3.

### Úsek 4

Kulová hrubovací fréza pr. 6mm, nástroj č.4 - JS533.250D15D1B.0Z3-SIRA slouží pro tvorbu přechodových rádiusů.

## Úsek 5

Čelní válcová fréza pr. 40mm, nástroj č.5 - Micro Turbo 220.69-09A-0040-4AN s VBD XOEX 090308FR-E05 F40M"SECO" slouží pro hrubování tří vodorovných ploch středové kostky, obrobek je postupně pootáčen o 90°.

## Úsek 6

Pro předvrtání veškerých otvorů je použit navrtávák pr. 6mm, nástroj č.6.

## Úsek 7

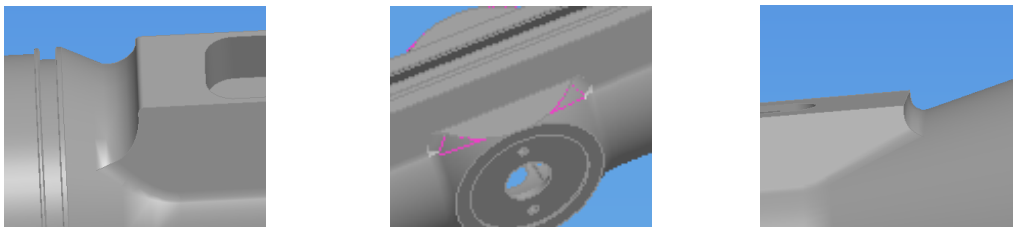
Otvory na čisto pro závit M2,5 jsou navrtávány vrtákem pr. 2,05mm, nástroj č.7.

## Úsek 8

Pro dokončovací operaci (na čisto) obrobeného tvaru je zvolena kulová fréza pr. 4mm, nástroj č.8.

## Úsek 9

Pro dokončovací operaci (na čisto), přechodů a rádiusů je aplikována kulová fréza pr. 3mm, nástroj č.9.



*Obrázek 17 Obrábění přechodů a rádiusů [18]*

## Úsek 10

V tomto úseku jsou metodou kruhové interpolace pomocí stopkové frézy pr. 6mm, nástroj č.10, vyfrézovány 2x středové otvory pr.  $7,6^{+0,1}$  mm na kostce.

## Úsek 11

Vrták pr. 1,6mm, nástroj č.11, předvrtá 2 otvory pro závit M2 na kostce.



## Úsek 12

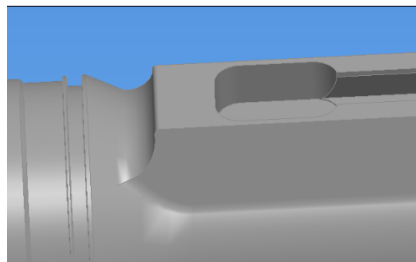
Vrták pr. 8,5mm, nástroj č.12, předvrtá díru pr. 9H8 na kostce.

## Úsek 13

Pomocí hrubovací stopkové frézy pr. 5mm, nástroj č.13, je metodou kruhové interpolace vyfrézována drážka sloužící také pro výchozí polohu rybinové frézy.

## Úsek 14

Rybinová fréza pr.10mm/45°, nástroj č.14, vyfrézuje podélnou rybinovou drážku na čisto.



*Obrázek 18 Frézování podélné rybinové drážky [18]*

## Úsek 15

Stopková fréza pr. 10mm, nástroj č15, obrábí na čisto zahлубení pr.  $23,2^{+0,2}$ mm v hloubce  $0,6^{+0,2}$ mm v ose na středové kostce metodou kruhové interpolace. Tato fréza dále frézuje na kostce dva otvory pr. 10,5mm pro závit M11x0,5.

## Úsek 16

Obrobení na čisto pr. 9H8 na kostce metodou kruhové interpolace stopkovou frézou pr. 8mm, nástroj č.16.

## Úsek 17

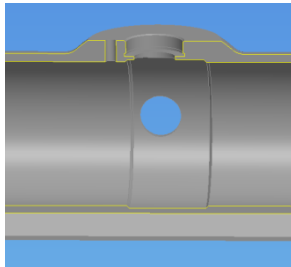
Navrtávák pr. 12mm, nástroj č.17, odjehluje otvory pro závit M11 x 0,5 (sražení hran)

## Úsek 18

Korunková fréza pr. 10mm/s=0,6mm, nástroj č.18 slouží pro vyfrézování zápichu pr.  $11,1^{+0,2}$ mm hloubky 0,6mm pod závit M11x0,5 metodou kruhové interpolace.

## Úsek 19

Rybinová fréza pr. 7mm/60°, nástroj č.19, odjehljuje hranu pod závitem M11 x 0,5 (sražení hran) metodou kruhové interpolace.

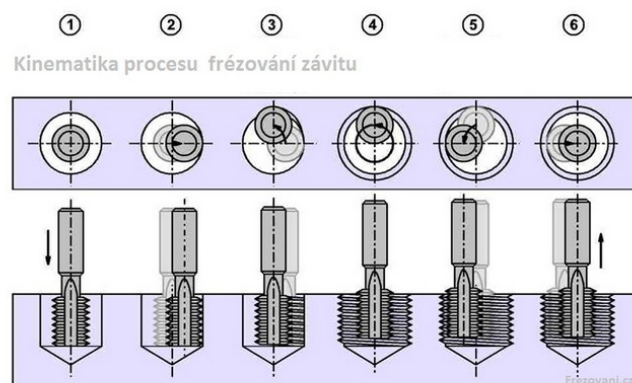


*Obrázek 19 Odjehlování hrany pod závitem [18]*

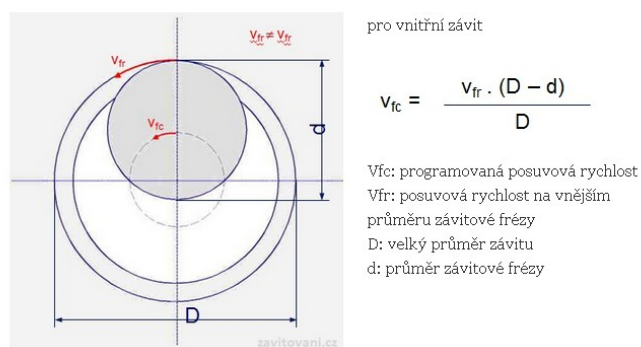
## Úsek 20

Závitová fréza pr. 8mm/0,5, nástroj č.20, vyfrézuje metodou šroubové interpolace na čisto závit M11x0,5 na kostce.

Frézování závitů touto metodou se ukazuje jako velmi výhodné při obrábění materiálů, u kterých vzniká nedělená tříska. Předností je čisté řezání plného profilu a zajištění přesného dokončení závitu v průchozích i neprůchozích otvorech. Nástroj je snadno vyjmутelný z otvoru což je výhodné především v případě poruchy nástroje, kdy je potřeba ho vyjmout z otvoru bez poškození obrobku. Uplatnění těchto nástrojů je na obráběcích strojích, které zajistí současnou šroubovou interpolaci ve třech směrech – pohyb v osách X a Y určuje průměr závitu, pohyb v ose Z stoupání. Pracovní cyklus frézování závitu je následující. Z výchozí polohy (hloubky) otáčející se nástroj postupně radiálně najede na plnou hloubku závitu (180°), pak následuje frézování závitu (projetí 360°) a vyjetí nástroje – radiálně ze záběru (180°) a axiálně z otvoru. Pravý závit se začíná řezat od jeho konce nahoru a levý závit shora dolů. Rychlost řezání závitu lze volit stejnou jako při frézování konvenčními stopkovými frézami, rychlost posuvu je potřeba snížit.



Frézování závitu: výpočet posuvu



Obrázek 20 Frézování závitu [29]

## Úsek 21

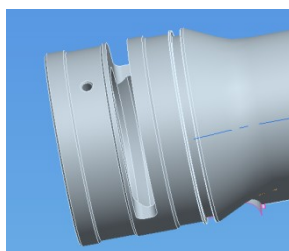
Vrták pr. 4mm, nástroj č.21, navrtá průchozí díru pro vstup nástroje - frézy pro obrobění příčné drážky, v ose drážky.

## Úsek 22

Stopková hrubovací fréza pr. 4mm, nástroj č.22, frézuje příčnou drážku na obvodu obrobku za současného otáčení obrobku.

## Úsek 23

Stopková fréza pr. 3mm, č.23, kopíruje na čisto tvar drážky š.4,2<sup>+0,2</sup>mm na obvodu obrobku za současného otáčení obrobku.



Obrázek 21 Vyfrézování příčné drážky [18]

#### Úsek 24

Úhlová fréza pr. 4mm, nástroj č.24, slouží k odjehlení ostrých hran.

#### Úsek 25

Závitník M2, nástroj č.25, je použit pro vyřezání dvou závitu M2 na kostce.

#### Úsek 26

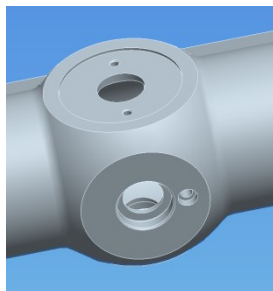
Závitník M2, nástroj č.26, slouží pro vyřezání závitu M2,5.

#### Úsek27

Rybinová fréza pr. 3,85mm/45°, nástroj č.27, odjehljuje hranu příčné drážky zespod.

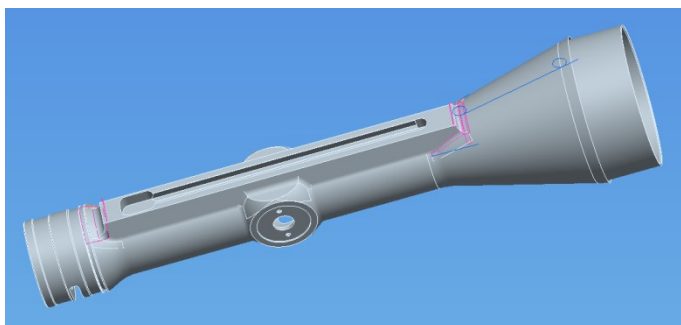
#### Úsek28

Čelní válcová fréza pr. 40mm, nástroj č.5, opracuje na čisto tři vodorovné plochy středové kostky, obrobek je postupně pootáčen o 90°.



*Obrázek 22 Opracování vodorovných ploch [18]*

Konec programu, obrobek je ručně odepnut a vyjmut.

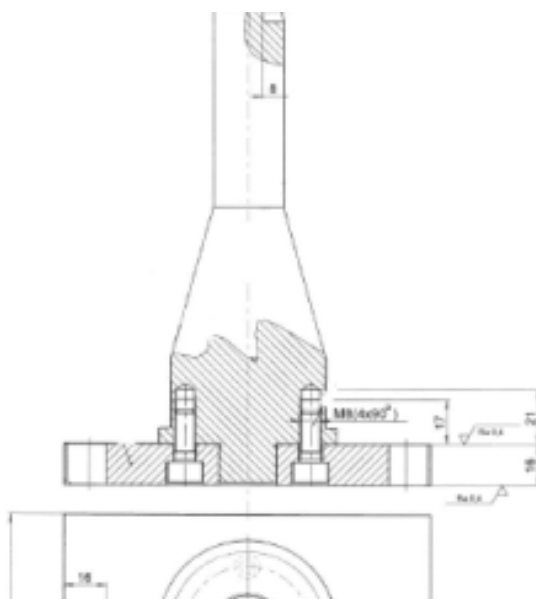


*Obrázek 23 Obrobek po operaci 70 [18]*

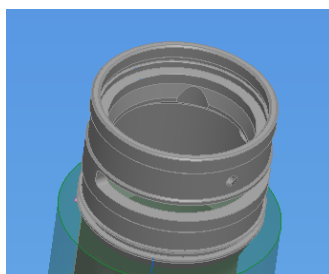
## Operace 90

Pro dokončení obrábění je určena frézka Deckel PP1. Na tomto stroji je dokončeno vybrání pr. 10mm, na vnitřním průměru uvnitř součásti, kterou není možné zhotovit na obráběcím centru Chiron FZ 12 S. Obrobek je ve svislé poloze upnut v přípravku, frézovacím upínači. Přípravek je přišroubován ke stolu frézky. Na součásti je zhotoveno zafrézování pr. 10mm, ke kótě  $29,2^{+0,1}$  mm.

Po ukončení frézování je obrobek ručně odepnut.



Obrázek 24 Upnutí součásti v operaci 90 [18]



Obrázek 25 Frézované vybrání v operaci 90 [18]

Následuje proměření součásti obsluhou stroje, je provedena kontrola předepsaných rozměrů, použijí se měřidla dle technologického postupu.

Kusy se očistí, před uložením do krabice se provede ochrana obrobku navlečením PE hadice Polynet.

Součásti jsou předány na kontrolu a proměření do oddělení technické kontroly. Je provedena kontrola předepsaných rozměrů a použité měřidla se řídí kontrolním předpisem.

### **3.5 Ruční úprava**

Na pracovišti ručních úprav je provedeno mechanikem v operaci 100 ruční odjehlení všech neodjehlených otvorů a drážek i zevnitř po NC frézování. Začistí se viditelné povrchové vady.

### **3.6 Povrchová úprava**

Výrobní postup P-157846 – viz Příloha F.

Povrchová úprava se provádí v operacích 105 - 170.

Dle požadavku na výkrese součásti je vypracován technologický postup pro povrchovou úpravu - anodickou oxidaci černou. Postupy jsou sestaveny a řízeny oddělením chemické technologie.

Anodická oxidace zajišťuje vyšší korozní odolnost a snížení opotřebitelnosti součásti. Touto technologií lze dosáhnout konečného dekorativního vzhledu (lesku / matu) a různé barevnosti. Na kvalitu oxidické vrstvy má vliv kvalita vstupujícího materiálu.

#### **Operace 105**

V této operaci je těleso tubusu vloženo do koše ultrazvukové myčky, který je postupně vkládán do van, kde dochází k odmaštění a oplachování součásti. Odmaštění je důležitá operace kdy odstraňujeme mastnoty s nečistotami ulpívajícími na povrchu součásti, aby následně na čistém povrchu mohly proběhnout další operace.

#### **Operace 108**

Je provedeno krytí závitu 2xM2 lakem aby nedošlo k jeho znehodnocení při tryskání a oxidaci.

#### **Operace 110**

Na vnější ploše tubusu označené indexem F je předepsáno tryskání. Tryskání probíhá v tryskacím automatu ocelovými kuličkami pr. 0,3mm za konstantního tlaku 0,3MPa. Všechny otvory jsou před tryskáním uzavřeny krytkami a součást ustavena do stroje na

přípravku. Tryskání je prováděno pomocí injektorového stříkače, přípravek ve kterém je uchycena součást se při průchodu strojem otáčí a zároveň koná pohyb ve svislém směru k dosažení rovnoměrné struktury povrchu a vzhledu.

### **Operace 115**

Součást je prohlédnuta a jsou ručně začištěny případné viditelné povrchové vady.

(Některé vady, které se objevují např. na přechodech na kostku, nebo v hlubokém přechodu ližiny na tělo tubusu apod. nelze úplně začistit)

### **Operace 117**

Zopakuje se proces tryskání pro dokonalý vzhled povrchu. Po ukončení tryskání jsou ochranné krytky odstraněny. Součásti jsou při přesunu v přepravních bednách prokládány ochranným materiálem, aby se zabránilo jejich poškození.

### **Operace 120**

V přípravě je součást uchycena pomocí háku za vnitřní průměr tak, aby místo dotyku nebylo okem vidět a zároveň aby bylo umístěno ze strany, kde nebude součást lakována. Samotný proces anodické oxidace probíhá v kyselině sírové stejnosměrným proudem. Princip procesu spočívá v průchodu stejnosměrného proudu v lázni předepsaného složení, kde dochází k polarizaci, součást (anoda) je oxidována a vytváří se na ní tvrdá a stabilní oxidická vrstva. Dále je součást vybarvována, póry jsou zaplněny ve vrstvě a následně utěsněna v lázni vřelé demineralizované vody.

### **Operace 125**

V této operaci je odstraněn krycí lak závitů.

### **Operace 128**

Vnější plochy jsou utřeny na hadrovém kotouči.

### **Operace 130**

Na kontrolním pracovišti je provedena kontrola dle kritérií podnikové směrnice. Jsou přeměřeny rozměry součásti dle kontrolního předpisu.

### **Operace 140**

Dle požadavku na výkrese součásti (označeno indexem G) je tubus zalakován lakem předepsaném dle technologického postupu. Nelakované plochy jsou chráněny krycí šablonou. Lakování je provedeno ve dvou vrstvách:

1x Nextel primer 5523 S00 6756

1x Nextel suede coating 3101/90FH RAL 9005 s 00 6726

### **Operace 150**

Je provedena kontrola lakování dle podnikové směrnice. Každá součást je kontrolována na vzhled, 2% z dávky jsou kontrolovány na přilnavost.

### **Operace 170**

Je provedena celková kontrola dle výkresové dokumentace. Kontrolované rozměry jsou předepsány v kontrolním předpisu.



## **4 Rozbory a návrhy řešení**

### **4.1 Zhodnocení stávajícího stavu**

Hlavním úkolem této práce je popis původní výrobní technologie tubusu - komponenty puškového zaměřovacího dalekohledu, nalezení možných úspor při jeho výrobě a popis nové výrobní technologie. V předchozí kapitole je detailně popsán původní technologický postup, ze kterého je zřejmé, že vychází z polotovaru trubky pr. 69x22mm, materiál EN-AW 6082 T6/AlSi1MgMn. Počet operací obrábění je 7 - op. 10, 15, 40, 50, 70, 90, 100. Cena polotovaru je 125 Kč/kg.

### **4.2 Rozbor možných variant řešení**

Nabízí se následující možné varianty řešení úspor.

#### **4.2.1 Varianta 1**

Použití polotovaru trubky EN-AW 6082 T6/AlSi1MgMn pr. 65x20mm, kdy je polotovar upnut v op.40 v universální hlavě do prodloužených měkkých čelistí za vnější průměr. Počet operací obrábění je 6 - op. 10, 40, 50, 70, 90, 100. Odpadá operace 15. Cena polotovaru 125 Kč/kg.

Tato varianta byla ověřena, avšak v operaci 40 byly zjištěny neopracované plochy v dutině obrobku. Analýzou byla zjištěna příčina - příliš veliká nesouosost vnitřního a vnějšího průměru polotovaru, která ale stále odpovídala předepsaným tolerancím výrobce polotovaru.

Byla prověřena u výrobce možnost zpřísnění výrobních tolerancí polotovaru s neúspěšným výsledkem.

Pozn.: Ze začátku dodavatel plnil dohodu o výběru tyčí s menší excentricitou, kterou později zamítnul z důvodu jeho nízké výtěžnosti.

### **4.2.2 Varianta 2**

Další variantou je použití stejného polotovaru-trubky, materiál EN-AW 6082 T6/AlSi1MgMn, pr. 65x20mm, ale s doplněním operace 15. Polotovar je upnut v op.15 za vnitřní průměr a vnější průměr polotovaru je centricky obroben vůči vnitřnímu průměru. Počet operací obrábění je 7 - op. 10, 15, 40, 50, 70, 90, 100. Cena polotovaru 125 Kč / kg.

Tato varianta byla ověřena a díky této operaci došlo ke zlepšení. Již se nevyskytovaly neobrobené plochy v dutině, avšak jen do té doby, než přišla trubka s vyoseným vnitřním průměrem proti vnějšímu průměru o 3mm, kdy pak opět zůstávaly neopracované plochy na vnějším průměru.

Pozn.: U obou variant (4.2.1 a 4.2.2) se začaly častěji objevovat problémy s vnitřním pnutím v materiálu způsobující ovalitu obrobku, což je pro výrobu této součásti nežádoucí.

### **4.2.3 Varianta 3**

Po těchto zkušenostech je navržena změna polotovaru z trubky na plný materiál, EN-AW 6082 T651/AlSi1MgMn, tyč pr. 65mm. Polotovar je upnut v op. 40 v universální hlavě do prodloužených měkkých čelistí za vnější průměr, doplněno vrtání dutiny vrtákem Walter. Počet operací obrábění je 6 - op. 10, 40, 50, 70, 90, 100. Odpadá operace 15. Cena polotovaru 68 Kč/kg. Tato varianta byla ověřena a výsledek je vyhovující.

### **4.2.4 Návrh nového řešení**

Z předchozího vyplývá, že varianta 1 a 2 jsou nevyhovující, neboť nezajistí požadovanou kvalitu obrobku (neobrobené plochy uvnitř/vně, deformace obrobku). Vyhovující varianta je pouze varianta 3, která zajišťuje požadovanou kvalitu obrobku a přináší hledané úspory.

V následující kapitole jsou popsány změny mezi původním technologickým postupem a novým technologickým postupem.

## **5 Nový technologický postup - změny**

V této kapitole jsou popsány pouze změny mezi novým a původním technologickým postupem.

### **5.1 Změna polotovaru**

Jako náhrada za stávající polotovar - trubka 69x22mm, délky 275mm - je zvolen nový polotovar, tyč téhož materiálu - hliníková slitina EN–AW 6082 T651/AlSi1MgMn. S přihlédnutím na přídavky pro obrábění je zvolena tyč pr. 65mm, délky 275mm.

### **5.2 Řezání**

Výrobní postup P- 157845 – viz Příloha E.

Řezání je prováděno v operaci 10.

#### **Operace 10**

Příprava polotovaru:

polotovar- tyč pr. 65mm je dělen na automatické pile Profilma 600 R pilovým kotoučem. Dodaný materiál v délce 3m se řeže na délku 275 mm. Nařezané díly se ukládají do přepravních beden.

### **5.3 Soustružení**

Soustružení je prováděno v první operaci 40 na stroji Hyundai KIA SKT 28 a v operaci 50 na stroji Hyundai HIT18S.

Soustružením se v následujících operacích obrobí vnitřní a vnější rotační plochy, tvarové rotační plochy, dále jsou vysoustruženy zápichy, vnitřní a vnější závit, sražený hrany.

Polotovar - přířez kruhové tyče lisované pr. 65mm a délky 275mm, materiál EN–AW 6082 T651/AlSi1MgMn je zasunut na doraz v universální hlavě a upnut do prodloužených měkkých čelistí z materiálu 11373 a to z důvodu dostatečné tuhosti upnutí obrobku

a nepoškození povrchu upínaného konce materiálu obrobku. Před upnutím každého kusu je nutno řádně ofoukat tlakovým vzduchem čelisti a nástroje.

## **Operace 40**

NC Program 0221.

### Úsek 1A

Nejprve je vyvrtán, z levé strany součásti (objektivová strana), otvor pr.  $26_{+/-0,2}$  mm v ose součásti, asi do poloviny délky součásti,  $l=140^{+1}$  mm, pomocí vrtáku pr. 26mm. Nástroj č.10, označení: B4017.F25.26,0.Z02.182R s VBD P6004-D26,00R WNN25.

Dále následuje hrubování vnějšího průměru obrobku a čela, je použit stranový vnější nůž, nástroj č.1, označení: SCLCR2525 M12 s VBD CCMT120404-MW NX2525.

### Úsek 1B

Přepnutí, otočení kusu.

### Úsek 1C

Dovrtání otvoru, z pravé strany součásti (okulárová strana), pr.  $26_{+/-0,2}$  mm v ose součásti v délce až k napojení stávajícího otvoru, pomocí vrtáku pr. 26mm. Je použit nástroj č.10, označení: B4017.F25.26,0.Z02.182R s VBD P6004-D26,00R WNN25.

Pokračuje se zarovnáním čela na délku 270,3mm, hrubují se vnější průměry pro daný tvar, je použit stranový vnější nůž, nástroj č.1, označení: SCLCR2525 M12 s VBD CCMT120404-MW NX2525 a stranový vnější nůž, nástroj č.2, označení: SDJCR2525 M11-M-A s VBD DCGT11 T302.

Další úseky operace 40 a 50 jsou stejné jako v původním postupu.

Postup frézování operace 70, 90, ruční úpravy operace 100 a povrchové úpravy operace 105 –170, zůstávají beze změn.

## 6 Řezné podmínky, nástroj, stroj - řezání

### 6.1 Řezné podmínky

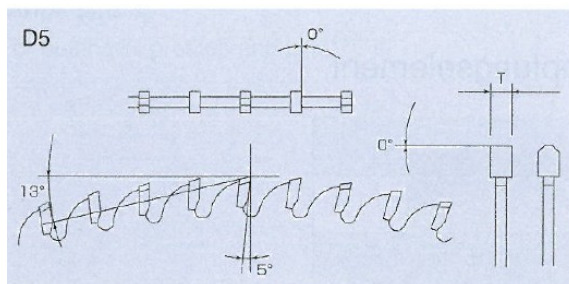
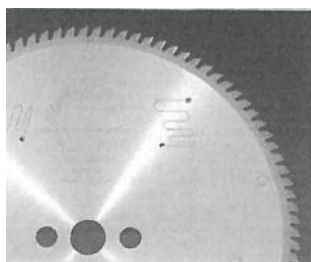
Je použit pilový kotouč japonského výrobce Kanefusa, provedení SASH PRO vel. 600x4,4x3,4x30x96. Pro tyč pr. 65mm se dle doporučení výrobce používá kotouč s 80 nebo 96 zuby. Rychlost posuvu kotouče je 800-1200 mm.min<sup>-1</sup>, otáčky 2000 až 2500 min<sup>-1</sup>.

### 6.2 Nástroj

Pilový kotouč Kanefusa, provedení SASH PRO vel. 600x4,4x3,4x30x96.

Velikost [mm]				Počet zubů	Typ	Otvory
D	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	d	z		
600	4,4	3,4	30	96	D5	2/10/60

Tabulka 3 Rozměry pilového kotouče SASH PRO 600x4,4x3,4x30x96



Obrázek 26 Pilový kotouč SASH PRO 600x4,4x3,4x30x96 [22]

### 6.3 Stroj

Automatická pila Profilma 600R

Pila pro automatické řezání profilů z hliníku a barevných kovů. Posun materiálu pomocí kuličkového šroubu a servomotoru. Max. délka posuvu 1000mm + reverzní zařízení. Posun pilového kotouče pomocí kuličkového šroubu a servomotoru. Pohon 9,2kW nebo

18,5kW, 400V, 50Hz. Plynulá regulace otáček. Max. výška řezu 210mm, max. šířka řezu 335mm. Zbytkový kus od 90mm, závisí na profilu. Oboustranné rozšíření řezné štěrby.



*Obrázek 27 Automatická pila Profilma 600R [21]*

## 7 Řezné podmínky, nástroje, stroje - soustružení

Pro operaci soustružení součásti – tubusu je v tabulce uveden přehledný soupis použitých nástrojů s VBD s uvedenými skutečnými hodnotami otáček a posuvů.

### 7.1 Řezné podmínky

$n$  – počet otáček vřetene [ $\text{min}^{-1}$ ]

$f$  – posuv na otáčku [mm]

$v_c$  – řezná rychlost [ $\text{m. min}^{-1}$ ]

č. nástroje	nástroj	označení držáku	označení VBD	otáčky $n$	posuv $f$	řezná rychlost $v_c$
1.	VNĚJŠÍ STRANOVÝ NŮŽ	SCLCR2525 M12	CCMT120404-MW NX2525	1950	0,4	398
2.	VNĚJŠÍ STRANOVÝ NŮŽ	SDJCR2525 M11-M-A	DCGT11 T302	2000	0,35	286
3.	VNĚJŠÍ STRANOVÝ NŮŽ	SVXCR2525 M16-M	VC GT160402-LHC	2000	0,05	240
4.	VNĚJŠÍ ZÁVITOVÝ NŮŽ	SER 2525 M16	16ER0.35 ISO IC908	1700	0,35	214
5.	VNĚJŠÍ ZÁPICHOVÝ NŮŽ	SMGHR 2525 M16	SMGTR16X208C NX2525	1000	0,05	119
6.	VNITŘNÍ ROHOVÝ NŮŽ PRAVÝ	S20R SCLCR09	CCMT09T304 NX2525	1950	0,4	199
7.	VNITŘNÍ ROHOVÝ NŮŽ PRAVÝ	E20S-SVUCR-11	VC GT110302-LHC	1500	0,14	132
8.	VNITŘNÍ ROHOVÝ NŮŽ PRAVÝ	A20R-SVUCR-11	VC GT110302-LHC	2000	0,15	220
9.	VNITŘNÍ ZÁVITOVÝ NŮŽ	SIR1820 P16D	TN 16 NR050M T8030	1500	0,5	165
10.	VRTÁK PR.26	B4017.F25.26,0.Z02.182 R	P6004-D26,00R WNN25	1950	0,24	159

Tabulka 4 Řezné podmínky v operaci soustružení

## 7.2 Nástroje

Pro soustružení tubusu jsou použity soustružnické nože s VBD. Vybrané nástroje s VBD pro operaci soustružení jsou specifikovány v příloze B.

## 7.3 Stroje

CNC soustružnické centrum Hyundai SKT 28.



*Obrázek 28 CNC soustružnické centrum Hyundai SKT 28 [19]*

CNC soustruh Hyundai SKT 28 ve dvouosém provedení. Je určen pro maximální průměr obrábění 410mm. Maximální otáčky vřetena jsou  $3000 \text{ min}^{-1}$ . Maximální délka soustružení je 720 mm, maximální oběžný průměr nad ložem 590 mm, otáčky vřetena  $3000 \text{ min}^{-1}$ . Hmotnost soustruhu je 6,1 tuny. Stroj je rychlý, výkonný, snadno ovladatelný. Vysoce tuhé skříňové lože je zhotovené z jediného kusu litiny. Hyundai SKT 28 se může pochlubit také robustním vřeteníkem, který je mohutnější než u konkurenčních strojů. Průměr vřetena je 130 mm. Uložení vřetena je zajištěno dvouřadými válečkovými ložisky, což zvyšuje přesnost a tuhost stroje. Protože hlavní vřeteno pracuje v širokém rozmezí otáček, je tvar vřeteníku navržen tak, aby dokázal minimalizovat tepelné deformace. Díky tomu je zaručena vysoká přesnost obrobeného povrchu i při velkých řezných rychlostech.



<b>Parametry CNC soustružnického centra Hyundai SKT 28</b>	
Max. délka soustružení: [mm]	720
Průměr soustružení: [mm]	410
Max. Ø soust. nad ložem: [mm]	590
Max. Ø soust. přes saně: [mm]	375
Konec vřetena:	A2-8
Otvor vřetena: [mm]	95
Průchod tyčí: [mm]	76
Rozsah otáček: [1/min]	3 000
Výkon pohonu: [kW]	22 / 18,5
Pojezdové dráhy:	
Osa X: [mm]	220
Osa Z: [mm]	1 100
Rychloposuv: (X/Z) [m/min]	20 / 24
Počet revolverových hlav	1
Počet nástrojových míst	10
Koník	MK 5
Kužel pinoly koníku/průměr [mm]	100
Potřeba místa (D x Š x V): [m]	3 x 1,8 x 2
Řízení :	Fanuc Series 0i-TC

*Tabulka 5 Parametry CNC soustružnického centra Hyundai SKT 28*



## 8 Řezné podmínky, nástroje, stroje - frézování

### 8.1 Řezné podmínky

Pro operaci frézování je v tabulce uveden přehledný soupis použitých nástrojů s uvedenými skutečnými hodnotami otáček a posuvů a řezných rychlostí.

$n$  – počet otáček nástroje [ $\text{min}^{-1}$ ],  $f$  – posuv na otáčku [mm],

$v_c$  – řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

č. nástroje	nástroj	označení nástroje	otáčky $n$	posuv $f$	řezná rychlost $v_c$
1.	STOPK. FR. PR. 12 TK	G100A "fa Gühring"	10000	1800	377
2.	STOPK. FR. PR. 12 TK	RF 100A "fa Gühring"	5000	2000	188
3.	STOPK. FR. PR. 6 TK	RF 100A "fa Gühring"	6000	700	113
4.	KUL. FR. PR. 6/R3 TK	JS533.250D15D1B.0Z3-SIRA	12000	1000	226
5.	ČELNÍ VÁLCOVÁ FR. PR. 40 (50)	Micro Turbo 220.69-09A-0040-4AN s VBD XOEX 090308FR-E05 "fa SECO"	4000	300	503
6.	NAVRTÁVÁK PR. 6 TK		3000	90	57
7.	VRTÁK PR. 2.05		4000	180	26
8.	KUL. FR. PR. 4/R2 TK	067 0562 6 067 0533 6	12000	800	151
9.	KUL. FR.PR. 3/R1.5 TK	JS533030D1B.0Z3-SIRA	12000	1000	113
10.	STOPK. FR. PR. 6 TK	monolitní fréza čtyřbřitá, mat tvrdokov	4000	150	75
11.	VRTÁK PR. 1.6	monolitní fréza čtyřbřitá, mat tvrdokov	4000	180	20
12.	VRTÁK PR. 8.5 TK	030 0645 6	1000	80	27
13.	STOPK. FR. PR. 5 TK (TŘÍBŘIT.)	GH 100U "fa Gühring"	2800	200	44
14.	RYBINOVÁ FR. PR. 10/45°TK	067 0560 6	1000	250	31
15.	STOPK. FR. PR. 10 TK	RF 100A "fa Gühring"	4000	150	126
16.	STOPK. FR. PR. 8 TK	RF 100A "fa Gühring"	4000	120	101
17.	NAVRTÁVÁK PR. 12 TK		2200	100	83
18.	KORUNKOVÁ FR. PR. 10 S=0.6mm	068 0120 9, výroba-spec. nástroj	2500	70	79
19.	RYBINOVÁ FR. PR. 7/60°	067 0125 9	2000	140	44
20.	ZÁVITOVÁ FR. PR. 8/0.5	101 0020 6 101 0021 6	1800	150	45
21.	VRTÁK PR. 4	"fa Gühring"	1800	100	23
22.	STOPK. FR. PR. 4 TK (TŘÍBŘIT)	GH 100U "fa Gühring"	4600	100	58
23.	STOPK. FR. PR. 3 TK	RF 100A "fa Gühring"	4000	150	38
24.	ÚHLOVÁ FR. PR. 4/90°		6000	700	75
25.	ZÁVITNÍK M2	AI R45 "fa Gühring"	800	0.4	5
26.	ZÁVITNÍK M2.5		800	0.45	6
27.	RYBINOVÁ FR. PR. 3.85/45° TK	067 0548 6, výroba-speciální nástroj	3800	100	46
28.	ČELNÍ VÁLCOVÁ FR. PR. 40 (50)	Micro Turbo 220.69-09A-0040-4AN s VBD XOEX 090308FR-E05 "fa SECO"	4500	300	565

Tabulka 6 Řezné podmínky v operaci frézování

## 8.2 Nástroje

Pro frézování tubusu se používají ve většině případů, vzhledem k malým rozměrům úběrů, monolitní nástroje z tvrdokovů. Nástroje jsou nakupovány od různých dodavatelů. Obsluha obráběcího stroje/seřizovač si zajišťuje nástroje z podnikové výdejny nástrojů, nebo u nástrojových boxů od firmy Gühring. Speciální nástroje jsou vyráběny na zakázku.

Obsluhování pomocí Gühring systému zajišťuje kontrolované skladování a výdej nástrojů, včetně kontroly minimálních zásob a automatického objednání. Vybrané nástroje pro operaci frézování jsou specifikovány v příloze C.

## 8.3 Stroj

Obráběcí centrum Chiron FZ 12 S high speed.



*Obrázek 29 CNC Obráběcí centrum Chiron FZ 12 S high speed [20]*

Firma Chiron patří mezi nejvýznamnější světové výrobce CNC-řízených vertikálních obráběcích center. Orientace firmy je na vertikální koncepci strojů. Chiron FZ 12 S je kompaktní, vysoce přesné jednovřetené obráběcí centrum s výklopným vřetenem.

Parametry CNC obráběcího centra Chiron FZ 12 S high speed	
Pojezdové dráhy:	
Osa X: [mm]	552
Osa Z: [mm]	322
Osa Y: [mm]	362
Počet nástrojových míst	48
Nástrojový kužel	HSK 50
Spindle: maximální otáčky [1/min]	max 24000
Maximální rychlost os: X,Y,Z [mm/min]	75000
Konvenční rychlost [mm/min]	1800
Konvenční rychloposuv X,Y,Z [mm/min]	5000
Výkony: celkový stroje je kVA, [kVA]	42
zrychlení [1/s <sup>2</sup> ]	520 1/s <sup>2</sup>
Řízení :	Siemens Sinumerik PCU 50.3B-C

*Tabulka 7 Parametry CNC obráběcího centra Chiron FZ 12 S high speed*



## 9 Technicko-ekonomické zhodnocení

Při vyčíslení ekonomického zhodnocení vycházím z údajů výrobních a přípravných časů operace 15 a cen materiálu polotovarů z obou technologických postupů. Původní technologický postup má 7 operací, v novém technologickém postupu byla zrušena operace 15, takže nový postup má jen 6 operací. Rozdíl časů v operaci 40 je zanedbatelný, ostatní operace zůstávají nezměněny a proto s nimi v tabulce níže nepočítám, stejně tak nepočítám s doplněním jednoho nástroje - vrtáku.

Při výpočtu vycházím z hodinové sazby stroje Hyundai KIA SKT 28, která je 420Kč/hod, tzn. 7 Kč/min.

Pro účely výpočtu nákladů používám délku polotovaru 300mm, tyč je dodávána v délce 3m a nařeže se z ní 10 dílů.

V tabulce č.8 je vypočtena cena jednoho kusu původního polotovaru - trubka pr. 69x22-300mm a cena jednoho kusu nového polotovaru - tyče pr. 65-300mm. Výpočet je proveden z údajů dodavatele, ceny materiálu za 1kg.

Tabulka pro výpočet ceny polotovaru			
		Polotovar Tr pr. 69x22-300 [ mm]	Polotovar Tyč pr. 65-300 [ mm]
cena polotovaru	[Kč/Kg]	125	67,6
objem polotovaru - 1 součást	[mm <sup>3</sup> ]	974 028	994 987
hmotnost polotovaru pro 1 součást	[ Kg ]	2,63	2,69
cena polotovaru pro 1 součást	[ Kč ]	<b>328,63</b>	<b>181,84</b>

*Tabulka 8 Výpočet ceny polotovaru*

V druhé tabulce jsou vyčísleny úspory časů a nákladů nového technologického postupu pro 1ks v porovnání s původním technologickým postupem, výrobní dávka je 300ks.

Porovnávací tabulka úspor pro 1 kus					
		původní technologický postup		nový technologický postup	
		[ min ]	vyjádřeno v [ Kč ]	[ min ]	vyjádřeno v [Kč]
výrobní čas operace č.15	tV	1,2	8,40	/	/
přípravný čas operace č.15	tB	100 / 300ks	2,33	/	/
celkem			10,73		0
polotovár Tr pr. 69x22-300	[ mm ]		328,63		
polotovár Tyč pr. 65-300	[ mm ]				181,85
náklady celkem			<b>339,36</b>		<b>181,85</b>
rozdíl nákladů					
původního a nového postupu		<b>157,51</b> [ Kč / ks ]			

*Tabulka 9 Porovnání úspor pro jeden kus*

Vyčíslení úspor nového technologického postupu pro 1ks a pro dávku 300ks.

	1 ks	dávka 300 ks
ÚSPORA [ Kč]	<b>157,51</b>	<b>47 252,50</b>

*Tabulka 10 Vyčíslení úspor*

Výše je uvedeno ekonomické zhodnocení přínosu navrženého nového technologického postupu, který činí 157,51Kč/1ks. Velmi důležité je poznamenat, že při snížených nákladech byla splněna požadovaná kvalita vyrobené součásti – zejména vyřešení problému neobrobených ploch. Současně došlo ke zrušení jedné výrobní operace.



## 10 Závěr

Tato bakalářská práce popisuje stávající výrobní technologii komponenty puškového zaměřovacího dalekohledu - tubusu z hliníkové slitiny a hledá možné úspory a snížení výrobních nákladů.

Teoretická část bakalářské práce se zabývá rozbořem, charakteristikou a popisem použitých výrobních technologií - soustružení a frézování.

Praktickou část uvádí popis součásti - tubusu, který je důležitou částí finálního přístroje - puškového zaměřovacího dalekohledu Meostar R1r 3-12x56 RD/MR, včetně základní charakteristiky použitého materiálu.

Následuje podrobný popis původního technologického postupu výroby řešeného tubusu, který je rozčleněn do jednotlivých popisovaných operací a úseků operací, včetně popisu řezných nástrojů, řezných podmínek a použitých obráběcích strojů.

V další části je proveden rozbor možných variant úspor – jsou popsány tři varianty možného řešení, popsány jejich výhody a nevýhody a provedeno jejich zhodnocení, ze kterého vyplývá hledané řešení přinášející očekávané úspory při dodržení předepsané kvality součásti. Řešením je změna polotovaru z původně používané trubky pr. 69x22mm na nově navržený polotovar-tyč pr. 65mm, a dále změny v technologickém postupu - zrušení operace 15 a úprava v operaci 40. Všechny změny jsou podrobně popsány.

Dále je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení ve kterém počítám úspory získané změnou použitého polotovaru a změnami v technologickém postupu jejichž výsledkem je zkrácení výrobního a přípravného času. Úspory činí 157,51Kč/ks, při obvyklé výrobní dávce 300ks činí úspora 47 252,5 Kč. Při předpokládaném ročním objemu 1000ks činí úspora 157 510Kč.

Navržené řešení bylo v Meoptě-optice, s.r.o. ověřeno a následně i úspěšně zavedeno do sériové výroby což přispělo ke snížení výrobních nákladů dané součásti.



# Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- [1] BRYCHTA, Obrábění I, 1. část. – Návod do cvičení, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2004. 79 s. ISBN 80-248-0576-6.
- [2] BILÍK, O. *Obrábění I, 1. díl*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2001. 130 s. ISBN 80-7078-811-9.
- [3] BILÍK, O. *Obrábění I, 2. díl*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2002. 71 s. ISBN 80-248-0033-0.
- [4] BILÍK, O. *Obrábění II, 1. díl – Fyzikálně mechanické zákonitosti procesu obrábění*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1994. 131 s. ISBN 80-7078-228-5.
- [5] BILÍK, O. *Obrábění II, 2. díl*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2001. 113 s. ISBN 80-7078-944-1.
- [6] HUMÁR, A. TECHNOLOGIE I, TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. Část, Studijní opory pro magisterskou formu studia, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003, 138 s. Dostupné na:  
<[http://www.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)>.
- [7] HUMÁR, A. TECHNOLOGIE I, TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. Část, Studijní opory pro magisterskou formu studia, VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004, 94 s. Dostupné na:  
<[http://www.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI\\_TO-2cast.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf)>.
- [8] HUMÁR, A. TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 3. část. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program "Strojírenství". Brno: VUT Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s. Dostupné na:  
<[http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI\\_TO-3cast.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-3cast.pdf)>.
- [9] HUMÁR, A. Výrobní technologie II [online]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" BS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002. 84 s. Dostupné na:  
<[http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobníTechnologie\\_II.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobníTechnologie_II.pdf)>.
- [10] Brychta, J., Čep, R., Sadílek, M., Petřkovská, L., Nováková, J., NOVÉ SMĚRY V PROGRESIVNÍM OBRÁBĚNÍ, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2007, 251 s.

Dostupné na: <<http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf>>.

- [11] Brychta, J., Čep, R., Nováková, J., Petřkovská, L., Technologie II, *1.díl* VŠB–Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2007, 119 s. ISBN 978-80–248–1641–8.
- [12] Brychta, J., Čep, R., Nováková, J., Petřkovská, L., Technologie II, *2.díl* VŠB–Technická univerzita Ostrava, Ostrava 2008, 142 s. ISBN 978-80–248–1822–1.
- [13] ČEP, R. Technologie II. VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, [online], [cit. 1. února 2008]. Dostupné na:  
<[http://www.346.vsb.cz/otazky/Technologie\\_II\\_prednaska\\_08.ppt](http://www.346.vsb.cz/otazky/Technologie_II_prednaska_08.ppt)>.
- [14] PODRABSKY, T. Značení materiálů dle evropských norem. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008.
- [15] Technická příručka firmy SANDVIK Coromant 2010.
- [16] Technická příručka obrábění firmy SANDVIK Coromant 2005.
- [17] Směrnice firmy Meopta-optika, s.r.o., Přerov.
- [18] [www.meopta.com](http://www.meopta.com)
- [19] <http://www.hyundai-kiamachine.eu>
- [20] <http://www.chiron.de>
- [21] <http://www.alumacs.sk>
- [22] <http://www.kanefusa.net/>
- [23] <http://www.guhring.cz>
- [24] <http://www.pramet.com>
- [25] <http://www.iscar.cz>
- [26] <http://www.walter-tools.com>
- [27] <http://www.secotools.com>
- [28] <http://www.mitsubishicarbide.com>
- [29] <http://www.zavitovani.cz/vyroba-vnitrich-zavitu/frezovani-zavitu>
- [30] <http://www.atorn.com>

# Seznam příloh

Příloha A - Výkres tubusu

Příloha B - Vybrané nástroje v operaci soustružení

Příloha C - Vybrané nástroje v operaci frézování

Příloha D - Technologický postup P-044325

Příloha E - Technologický postup P-157845

Příloha F - Technologický postup P-157846

Příloha G - NC program – č. programu 0221

Příloha H - NC program – č. programu 0222

Příloha I - NC program – č. programu 0441

Příloha J - Seřizovací list – č. programu 0220

Příloha K - Seřizovací list – č. programu 0221

Příloha L - Seřizovací list – č. programu 0222

Příloha M - Seřizovací list – č. programu 0441



## **Poděkování**

Děkuji technologům firmy Meopta-optika, s.r.o., zejména panu Petru Budárkovi a Martinu Dýčkovi za odborné rady a informace k tématu mé diplomové práce.

Děkuji také svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Robertu Čepovi, Ph.D., za odborné vedení mé práce, poskytování rad k práci.